

Έγκαιρη Ανίχνευση Πυρκαγιάς στην Αρχαία Ολυμπία και πρώτη επέμβαση των Πυροσβεστικών Μονάδων

**Βασίλειος Κ. Δρόσος¹, Παρασκευή Καρανικόλα¹,
Όλγα Γεωργούλα² και Κοσμάς - Αριστοτέλης Γ. Δούκας³**

- 1 Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Τ.Κ. 68200, Ορεστιάδα*
- 2 Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Θεσσαλονίκη*
- 3 Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Μηχανικών Επιστημών και Τοπογραφίας, Τ.Θ.:226, Τ. Κ.: 54124, Θεσσαλονίκη*

Περίληψη: Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας σε ολόκληρο τον κόσμο δημιουργούνται και ελέγχονται συστήματα βελτίωσης της τηλεανίχνευσης των δασικών πυρκαγιών που αφορούν τη μείωση του χρόνου εντοπισμού, την εκτίμηση της τοποθεσίας που ξεσπά η πυρκαγιά. Βασικό στοιχείο στα συστήματα αυτά είναι η απόδοση σε πραγματικό χρόνο των διαφόρων κινούμενων χαρακτηριστικών όπως είναι τα οχήματα, το προσωπικό, αλλά ακόμη και τα ίδια τα μέτωπα των πυρκαγιών. Τα χαρακτηριστικά αυτά συμμετέχουν ως γεωγραφικά χαρακτηριστικά στις συνηθισμένες διαδικασίες των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) όπως ερωτήματα, τοπολογία, και θεματική αναπαράσταση, μαζί με τα υπόλοιπα «στατικά» χαρακτηριστικά μιας παραδοσιακής εφαρμογής. Σκοπός της εργασίας είναι η ανεύρεση αυτών των θέσεων και η επιλογή του κατάλληλου συστήματος έγκαιρης πυρανίχνευσης και πρώτης επέμβασης και ο καθορισμός των απαιτούμενων πυροφυλακίων και πυροσβεστικών μονάδων πρώτης επέμβασης. Η περιοχή έρευνας που επιλέχθηκε είναι ημιορεινή μεγάλης επικινδυνότητας για πρόκληση πυρκαγιάς. Η Αρχαία Ολυμπία βρίσκεται στη Ηλεία, στους νότιους πρόποδες του δασωμένου λόφου του Κρονίου. Διερευνήθηκε η διεθνής βιβλιογραφία για την ενδεδειγμένη κάμερα ανίχνευσης-εντοπισμού της πυρκαγιάς. Έγινε ανάλυση παρατηρητικότητας (εντολή του ARCMAP: Viewshed) για παρατήρηση από το ύψος του πύργου και για εντοπισμό του καπνού στα 5 μέτρα, με αποτέλεσμα το ποσοστό παρατήρησης της περιοχής και τη θέση εγκατάστασης των καμερών. Στην περιοχή έρευνας καθορίστηκαν οι θέσεις πυροφυλακίων από Ψ.Μ.Ε και Γ.Σ.Π καθώς και τα απαιτούμενα οχήματα και προσωπικό για άμεση πρώτη επέμβαση.

1. Εισαγωγή

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας σε ολόκληρο τον κόσμο δημιουργούνται συστήματα ελέγχου των δασικών πυρκαγιών μέσω της βελτίωσης της τηλεανίχνευσης επικεντρώνοντας, στη μείωση του χρόνου εντοπισμού, στην εκτίμηση της το-

ποθεσίας που ξεσπά η πυρκαγιά, στη βελτίωση της ποιότητας της ενημέρωσης των Συντονιστικών Κέντρων, δηλαδή στη βελτίωση του χρόνου πρώτης επέμβασης, ενώ παράλληλα δοκιμάζονται εξελιγμένα συστήματα παρακολούθησης της κίνησης των μετώπων κατά τη διάρκεια της κατάσβεσης.

Βασικό στοιχείο στα συστήματα αυτά είναι η απόδοση σε πραγματικό χρόνο των διαφόρων κινούμενων χαρακτηριστικών όπως είναι τα οχήματα, το προσωπικό, αλλά ακόμη και τα ίδια τα μέτωπα των πυρκαγιών. Τα χαρακτηριστικά αυτά συμμετέχουν ως γεωγραφικά χαρακτηριστικά (features) στις συνηθισμένες διαδικασίες των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) όπως ερωτήματα, τοπολογία, και θεματική αναπαράσταση, μαζί με τα υπόλοιπα «στατικά» χαρακτηριστικά μιας παραδοσιακής εφαρμογής (Παπαδημητρίου, 2004). Ο νεοτερισμός των συστημάτων αυτών έχει να κάνει με τον τρόπο εισαγωγής γεωγραφικών χαρακτηριστικών από το πεδίο σε ένα ΓΣΠ αλλά και με τη δυνατότητα απόδοσης διεργασιών του ΓΣΠ σε κινούμενους χρήστες. Ο τρόπος αυτός αξιοποιεί ευρέως διαδεδομένα μέσα, χαμηλού κόστους τα οποία δεν προϋποθέτουν ειδικούς χρήστες.

Η έγκαιρη και ασφαλής πρώτη ειδοποίηση είναι σημαντικότερη από τη διαχείριση της πυρκαγιάς γιατί μειώνει το κόστος καταστολής και τις καταστροφές (Δημητρακόπουλος και Σκούρτος, 1991). Οι θέσεις των πυροφυλακίων παρατήρησης – ειδοποίησης και τα οχήματα πρώτης επέμβασης είναι εξίσου σημαντικά. Η παρατήρηση-ειδοποίηση έναρξης πυρκαγιάς συνήθως στην πράξη γίνεται με εποχικούς ή εθελοντές από τα πυροφυλάκια, που στην περίοδο αιχμής πρέπει να είναι σε λειτουργία (Δημητρακόπουλος, 2000α, β).

Τα παραδοσιακά παρατηρητήρια πυρκαγιών ανήκουν πλέον στο παρελθόν. Η εργασία σ' αυτά ενώ επιβαρύνει φυσικά και ψυχικά τους παρατηρητές, δεν προσφέρει υπηρεσίες μακράς διάρκειας (μέρα-νύχτα και εκτός χρηματοδοτούμενης θερινής περιόδου). Με σύγχρονους δέκτες από κάμερες και μικρό σχετικά κόστος εξασφαλίζεται η επιτήρηση του δάσους τόσο από πυρκαγιά, όσο και άλλα αίτια π.χ. λαθροϋλοτομίες. Για τη μείωση του κόστους και την αύξηση της αποδοτικότητας κατά την παρατήρηση απαιτείται η ορθολογιστική τοποθέτηση των καμερών και οχημάτων για έγκαιρη ειδοποίηση και πρώτη επέμβαση.

Σκοπός της εργασίας είναι η ανεύρεση αυτών των θέσεων και η επιλογή του κατάλληλου συστήματος έγκαιρης πυρανίχνευσης και πρώτης επέμβασης και ο καθορισμός των απαιτούμενων πυροφυλακίων και πυροσβεστικών μονάδων πρώτης επέμβασης.

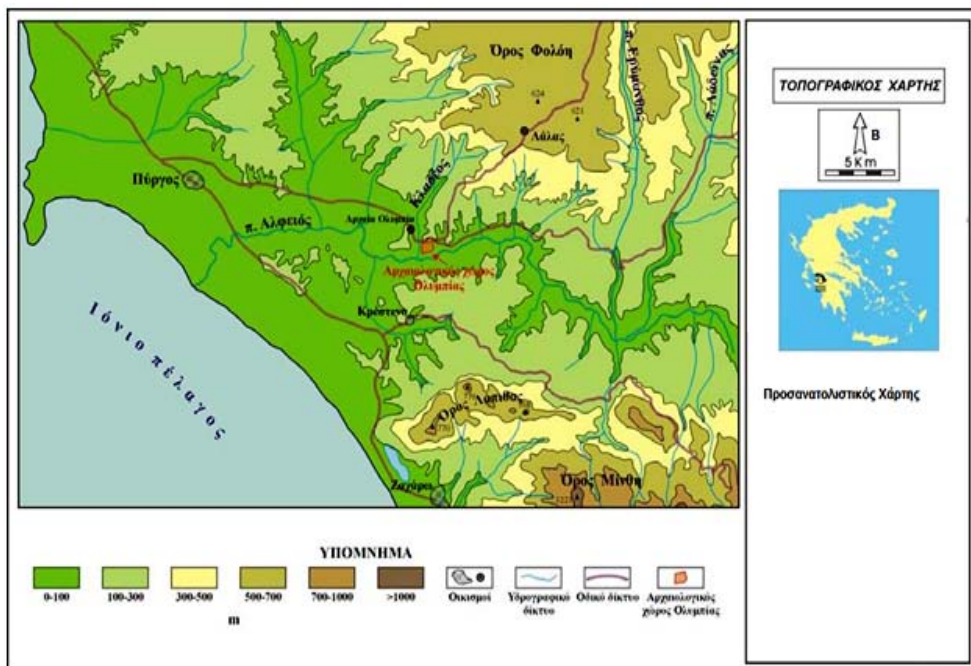
2. Μέθοδος και περιοχές έρευνας

2.1. Περιοχή έρευνας

Οι απαρχές της Ολυμπίας είναι ελάχιστα γνωστές. Οι παλαιότερες ενδείξεις ανθρώπινης παρουσίας στην περιοχή, ανάγονται στην 3η χιλιετία π.Χ. Γύρω στο 10ο-

9ο αι. π.Χ. άρχισε να διαμορφώνεται η Άλις, το ιερό άλσος που ήταν κατάφυτο με αγριελιές, πεύκα, πλατάνια, λεύκες και δρυς. Τότε καθιερώθηκε η λατρεία του Δία, και η Ολυμπία από τόπος κατοίκησης έγινε τόπος λατρείας.

Η περιοχή έρευνας που επιλέχθηκε είναι ημιορεινή μεγάλης επικινδυνότητας για πρόκληση πυρκαγιάς. Δεκαέξι χιλιόμετρα από το Ιόνιο πέλαγος, στο εσωτερικό της δυτικής Πελοποννήσου, στην Ηλεία και στο σημείο όπου οι ποταμοί Αλφειός και Κλαδέος συναντούνται, βρίσκεται η Αρχαία Ολυμπία, που απλώνεται στους νοτιοδυτικούς πρόποδες του κατάφυτου Κρονίου λόφου. Ολόγυρα υπάρχουν χαμηλοί λόφοι, σε έναν από τους οποίους, στο λόφο Δρούβα, δυτικά της Άλτεως, έχτισε ο Ανδρέας Συγγρός το Παλιό Μουσείο της Ολυμπίας το 1885 σε νεοκλασικό ρυθμό.



Σχήμα 1. Προσανατολιστικός χάρτης περιοχής έρευνας Αρχαίου χώρου Ολυμπίας

2.2. Μεθοδολογία

Διερευνήθηκε η διεθνής βιβλιογραφία για την ενδεδειγμένη κάμερα ανίχνευσης-εντοπισμού της πυρκαγιάς.

Έγινε ανάλυση παρατηρητικότητας (εντολή του ARCMAP: Viewshed) για παρατήρηση από το ύψος του πύργου και για εντοπισμό του καπνού στα 5 μέτρα, με αποτέλεσμα το ποσοστό παρατήρησης της περιοχής και τη θέση εγκατάστασης των καμερών (Karantzidis et al., 2008).

Προαπαιτούμενο για την επιτυχή εφαρμογή αυτού του τύπου προστασίας είναι ένα επαρκές αριθμός πυροσβεστικών οχημάτων διεσπαρμένος στην περιοχή έρευνας με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιχειρείται η κατάσβεση σε λιγότερο από 15 λεπτά.

Ο αριθμός των πυροσβεστικών μπορεί να υπολογισθεί με τη βοήθεια του τύπου:

$$EZ = (F \times W) / L \quad (2.1)$$

όπου EZ είναι ο απαιτούμενος αριθμός των πυροσβεστικών οχημάτων, F η δασική περιοχή σε εκτάρια, W η ελάχιστη οδική πυκνότητα του μοντέλου και L η απόσταση του δασικού δρόμου που καλύπτεται σε 15 λεπτά.

Είναι δυνατό να υπολογισθούν οι απαιτούμενοι πυροσβέστες παίρνοντας υπόψη ότι κάθε φορητό πυροσβεστικό χρειάζεται το λιγότερο 5 πυροσβέστες ή 3 για το ημιφορητό για την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος πυρόσβεσης.

3. Αποτελέσματα

3.1. Κάμερες παρακολούθησης των δασικών πυρκαγιών

Επιλέχθηκε το σύστημα κάμερας του σχήματος 2 με τα παρακάτω χαρακτηριστικά (Raimund, 2011):

Διαθέτει οπτική κάμερα αναγνώρισης-ασφάλειας συνδυασμένη με αισθητήρα ανίχνευσης, βασισμένη σε πύργο παρατήρησης, για αυτοματοποιημένη, αξιόπιστη και έγκαιρη ανίχνευση των δασικών πυρκαγιών, μέσω της αναγνώρισης σύννεφου καπνού μέρα και νύχτα σε έκταση έως 700 Km² ανά αισθητήρα.

Διενεργείται επιτόπια επεξεργασία των καταγεγραμμένων εικόνων, στη θέση του αισθητήρα. Η μετάδοση της κατεύθυνσης και της απόστασης καθώς και των συνοδευτικών πλάνων προς τον κεντρικό σταθμό ελέγχου γίνεται μόνο σε περίπτωση συναγερμού.

Χωρίς απαιτήσεις για επίπονες δραστηριότητες επιτήρησης από το προσωπικό χειρισμού, αλλά μόνο για υπεύθυνη ανάλυση και λήψη αποφάσεων.

Με την ανίχνευση καπνού, μια δασική πυρκαγιά μπορεί να ανακαλυφθεί σε πρώιμο στάδιο. Παρακάτω θα περιγραφεί συνοπτικά η λειτουργία του συστήματος πυρανίχνευσης με αισθητήρες ανίχνευσης.

Οι αισθητήρες τοποθετούνται κυρίως σε πύργους και ιστούς, αλλά και σε κτίρια με ύψος τουλάχιστον 10 μέτρα πάνω από τις κορυφές δένδρων (Σχήματα 2α και 2β).

Σε περίπτωση που οι θέσεις των αισθητήρων δεν διαθέτουν παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν, φωτοβολταϊκά συστήματα ή / και αιολική ενέργεια μέσω ανεμογεννήτριας (Σχήμα 2γ).

Ο αισθητήρας ερευνά διαρκώς τη γύρω περιοχή έως και 700 Km² για σύννεφα καπνού, με πλήρη κύκλο 6 λεπτών κατά τη διάρκεια της ημέρας και 12 λεπτών το βράδυ.



Σχήμα 2. Το σύστημα πυρανίχνευσης (α) Αισθητήρας ανίχνευσης (Συμπληρώνεται και από οπτική κάμερα αναγνώρισης-ασφάλειας) (β) Πύργοι τοποθέτησης (γ) Φωτοβολταϊκά ή ανεμογεννήτριες για ηλεκτροδότηση (δ) επεξεργασία εικόνων στον Η/Υ

Όταν ο αισθητήρας ανιχνεύσει ένα πιθανό σύννεφο καπνού, η κατεύθυνση, η απόσταση του νέφους, καθώς και οι αντίστοιχες εικόνες του αποστέλλονται στο σταθμό εργασίας του χειριστή μέσω μιας IP σύνδεσης (π.χ. LiMAX).

Ο αριθμός των αισθητήρων που απαιτείται καθορίζεται από το μέγεθος και την τοπογραφία του εδάφους. Ένας σταθμός εργασίας μπορεί να επεξεργαστεί ταυτόχρονα έως οκτώ αισθητήρες.

Με τη βοήθεια των εικόνων (Σχήμα 2δ αριστερή εικόνα) που μεταδίδονται από τον αισθητήρα ο χειριστής αποφασίζει αν έχει ανιχνευθεί μια πυρκαγιά ή απλώς ένα σύννεφο σκόνης. Για να βοηθήσει τον χειριστή στη διαδικασία λήψης αποφάσεων το σύστημα προβάλλει αυτόματα σε ένα ηλεκτρονικό χάρτη (Σχήμα 2δ δεξιά εικόνα)

να) αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με το έδαφος. Η θέση του καπνού σημειώνεται στο χάρτη. Το σύστημα μπορεί να συμπληρώνεται από οπτική κάμερα ασφάλειας του πύργου, για καταγραφή τυχόν καταστροφών στην κύρια κάμερα και καλύτερη παρατήρηση της πυρκαγιάς.

3.2. Πυροφυλάκια Αρχαίας Ολυμπίας

Για τον έγκαιρο εντοπισμό της φωτιάς απαιτούνται παρατηρητήρια επανδρωμένα ή με κάμερες (Σχήμα 3) σε κατάλληλες θέσεις με τη μεγαλύτερη δυνατή ορατότητα. Η ανάλυση ορατότητας για τον καθορισμό των θέσεων παρατήρησης για τον εντοπισμό της πυρκαγιάς απεικονίζεται σε χάρτες. Για την περιοχή έρευνας προτείνονται τρεις θέσεις με ποσοστό παρατηρητικότητας 85 % για την Αρχαία Ολυμπία (Σχήμα 4) (Karantzidis et al., 2008).



Σχήμα 3. Επανδρωμένα ή με κάμερες παρατηρητήρια φωτιάς

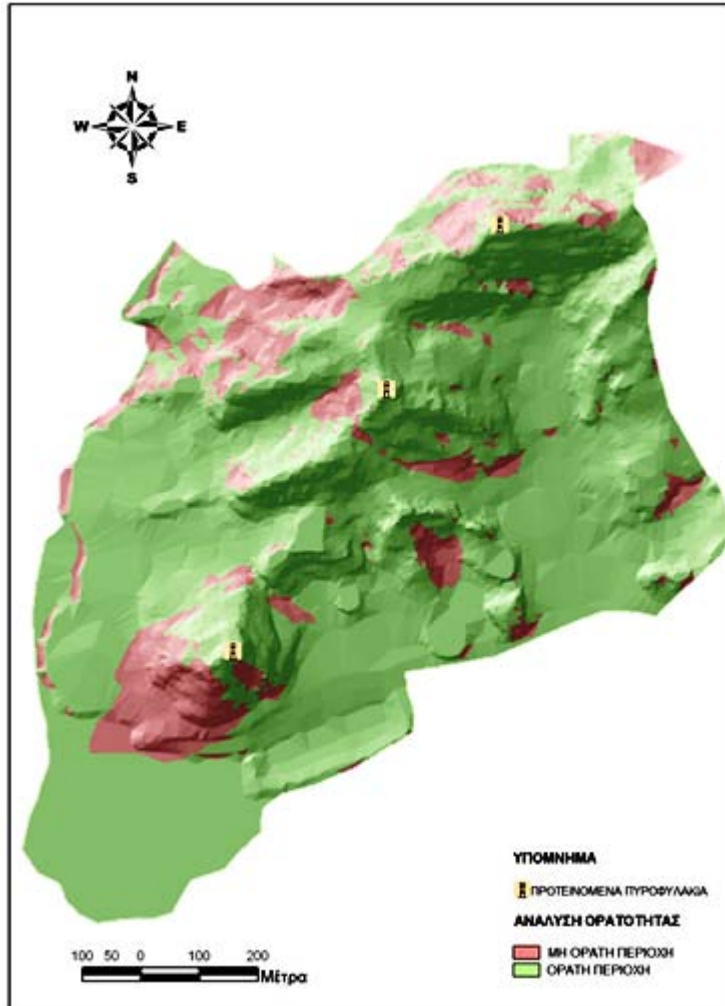
3.3. Αριθμός απαιτούμενων οχημάτων και πυροσβεστών (απαιτούμενος εξοπλισμός)

Για τον έγκαιρο εντοπισμό της φωτιάς απαιτούνται για την Αρχαία Ολυμπία:

$$EZ = 98 \times 12,5 / 12000 = 1$$

Είναι δυνατό να υπολογισθούν οι απαιτούμενοι πυροσβέστες παίρνοντας υπόψη ότι κάθε πυροσβεστικό χρειάζεται το λιγότερο 5 πυροσβέστες για την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος πυρόσβεσης στην περιοχή έρευνας.

Για την αρχαία Ολυμπία: $1 \times 5 = 5$



Σχήμα 4. Η ανάλυση παρατηρητικότητας στην Αρχαία Ολυμπία Ηλείας από προτεινόμενα πυροφυλάκια

Επομένως ο ελάχιστος αριθμός των πυροσβεστικών οχημάτων είναι 1 με 5 πυροσβέστες για την Αρχαία Ολυμπία.

Εκτός των θέσεων στάθμευσης οχημάτων στις προβλεπόμενες μετεωρολογικά επικίνδυνες μέρες γίνονται και περιπολίες. Η διασπορά των περιπολιών γίνεται ανάλογα με την επικινδυνότητα του δασοπονικού είδους.

4. Συμπεράσματα

Με βάση επιτόπια έρευνα και τα αποτελέσματα της έρευνας που διενεργήθηκε για την πυρασφάλεια της περιοχής της Αρχαίας Ολυμπίας, προκύπτουν:

- Από τα μέτρα που ελήφθησαν, μετά την πυρκαγιά του 2007, προκύπτει ότι δεν υπάρχει σοβαρός εσωτερικός κίνδυνος ανάφλεξης, διότι ο χώρος περιφρουρείται με μεγάλη προσοχή. Πιο συγκεκριμένα απαγορεύεται η στάθμευση στον δρόμο γύρω από τον Κρόνιο λόφο (Φωτογραφία 1), κατασκευάστηκαν πύργοι κατάσβεσης (Φωτογραφία 2) και απομακρύνεται η καύσιμη ύλη (Φωτογραφία 3). Για την έγκαιρη καταστολή ενδεχόμενης πυρκαγιάς χρειάζεται βελτίωση της θέσης στάθμευσης των οχημάτων πυρόσβεσης.



Φωτογραφία 1. Απαγόρευση στάθμευσης γύρω από τον Κρόνιο λόφο μετά την πυρκαγιά του 2007

- Υπάρχει όμως κίνδυνος ανάφλεξης από τον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο, όπως το 2007. Αυτό γιατί οι πύργοι κατάσβεσης λειτουργούν με ηλεκτρισμό και δεν υπάρχουν επαρκή παρατηρητήρια έγκαιρης προειδοποίησης στον ευρύτερο χώρο (Φωτογραφία 2, Σχήμα 4). Για την σπουδαιότητα της περιοχής αξίζει μια επένδυση σύγχρονων παρατηρητηρίων με κάμερες.



Φωτογραφία 2. Πύργοι κατάσβεσης γύρω από τον Κρόνιο λόφο



Φωτογραφία 3. Καθαρισμός της καύσιμης ύλης γύρω από τον Κρόνιο λόφο

- Για να επιτευχθεί το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα στη δασοπυρόσβεση με το ελάχιστο δυνατό κόστος δαπανών, τα μέτρα και οι σχετικές δαπάνες πρέπει να επικεντρώνονται μέχρι την πρόληψη και την πρώτη επέμβαση στα πλαίσια ενός πολύ καλά οργανωμένου σχεδίου κατά χώρο και κατά χρόνο. Μετά την αποτυχία της πρώτης επέμβασης πρόκειται για «διάσωση» με υπερβολικά υψηλές δαπάνες. Ένα εναέριο μέσο κοστίζει ανάλογα με τον τύπο 9.000-17.000 ευρώ / ώρα. Έτσι κάθε χρόνο η αντιπυρική προστασία εκτιμάται ότι κοστίζει 300-400 ευρώ (Σταματόπουλος, 2013).

- Η συμβολή της σύγχρονης τεχνολογίας όπως της ψηφιακής φωτογραμμετρίας, της τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) είναι πολύ σημαντική ιδιαίτερα στη διαχείριση της πυρκαγιάς, επιτρέποντας την ρεαλιστική, αποτελεσματική και γρήγορη επεξεργασία χωρικών δεδομένων συμβάλλοντας έτσι καθοριστικά στον επιτυχή σχεδιασμό και στην ορθολογικότερη αποκατάσταση της πληγείσας περιοχής. Συγκεκριμένα τα ΓΣΠ είναι πολύτιμα εργαλεία σε θέματα αποτελεσματικότητας και ακρίβειας όχι μόνο στην χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων, αλλά και για την παρουσίαση ποικίλων χωρικών αναλύσεων σχετικών με τα μοντέλα διάνοιξης και τα συστήματα πυροπροστασίας από το έδαφος. Απαιτείται όμως πρακτική επανεξέταση της λειτουργικότητάς τους κατά τη διάρκεια της αντιμετώπισης του συμβάντος.

Ευχαριστίες

Η έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και Ελληνική εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) - Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: Θαλής. Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

Βιβλιογραφία

- Δημητρακόπουλος, Α.Π., 2000α. *Διαχρονική ανάλυση των δασικών πυρκαγιών και των καμένων δασικών εκτάσεων στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1955 – 1999*, Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Κοζάνη, σελ. 85 – 90.
- Δημητρακόπουλος, Α., 2000β. *Προκαταρκτική παρουσίαση της κατανομής δασικών πυρκαγιών και καμένων εκτάσεων σε σχέση με το χρόνο αρχικής επέμβασης στην Ελλάδα, κατά την δεκαετία 1986-1995*. Δασική Έρευνα, 13(2): 26-36.
- Δημητρακόπουλος, Α.Π., και Σκούρτος, Μ.Σ., 1991. *Οικονομική αποτίμηση της αποτελεσματικότητας των δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα*, Πρακτικά 2ου Συνεδρίου Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου - Τμήμα Περιβάλλοντος, Μόλυβος Λέσβου, σελ. 299 - 308.
- Karantzidis, N., Mpasianas, G., Doukas, K., 2008. *Forest Constructions for protection and harvesting operations before and after forest fires in Greece*. Proceedings of FORMEC '08, 41th International Symposium on Forestry Mechanization, 02 -05 June, Schmallerberg (Germany), pp. 259.
- Παπαδημητρίου, Κίμων, 2004. *Σύστημα ασύρματης ανταλλαγής και διαχείρισης χωρικών δεδομένων για τη στήριξη αποφάσεων σε έκτακτες καταστάσεις*, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ.148.
- Raimund, Engel, 2011. *Kameragestützte Waldbrandüberwachung in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern*, Gefährdung und Schutz der Wälder, Deutsch-Polnische Konferenz, 05 - 06 Oktober 2011 in Eberswalde, Landesbetrieb Forst Brandenburg.
- Σταματόπουλος, Ε., 2013. *Μέτρα για τη διαμόρφωση μιας νέας συνολικής πολιτικής με έμφαση την πυροπροστασία των δασών*. Εφημερίδα Π.Κ.Δ, Αρ. φύλλου 55. Αθήνα.